Практична робота №1  
Будова твердого тіла.

**І. Приклади розв’язування задач**

**Задача 1**

Визначити відносну атомну масу кристала, якщо відомо, що відстань *d* між найближчими сусідніми атомами дорівнює 0,304 нм. Густина *ρ* кристала дорівнює 534 кг/м3. Решітка об’ємноцентрована кубічної сингонії.

***Розв’язання***

Маса кристала , де об’єм кристала (- об’єм однієї елементарної комірки), число елементарних комірок у кристалі масою *m*; = *Аr*∙*10-3* - молярна маса, виміряна в кг/моль; *n =2* - кількість атомів в елементарній комірці ОЦК-решітки.

Таким чином, отримуємо співвідношення: ,

звідки знаходимо ; (а.о.м).

Відповідь:=6,95а.о.м. (літій)

**Задача 2**

Знайти період решітки (*а*) і відстань (*d*) між найближчими сусідніми атомами кристала:

1) алюмінію (ГЦК - решітка); 2) вольфраму (ОЦК - решітка).

***Розв’язання***

Густину кристалів *ρ* можна знайти як відношення маси елементарної комірки *m* до її об’єму *V*:



де - маса одного атома; *n*- кількість атомів в одній елементарній комірці (для ГЦК – решітки *n*=4, для ОЦК - решітки *n*=2); *а*- період решітки (*a*=*d* для ГЦК-решітки, для ОЦК-решітки); - молярна маса речовини кристала.

Таким чином, виконуємо розрахунки за формулою: .

|  |  |
| --- | --- |
| Для Аl | Для W |
|  |  |

Відповідь: 1) *а*=0,404нм, *d*=0,286нм; 2) *а*=0,316нм, *d*=0,274нм.

**ІІ. Задачі для самостійного розв’язування**

Обов’язкові:

**Задача 1.** Визначити число елементарних комірок кристала об’ємом *V=1м3* (номер речовини   
 кристалу в таблиці відповідає номеру варіанту)

**Задача 2.** Обчислити періоди решітки таких кристалів (номер в табл. відповідає номеру варіанту):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | Речовина | Тип комірки | ∙10-3,кг/моль | ∙103, кг/м3 | **№** | Речовина | Тип комірки | ∙10-3, кг/моль | ∙103, кг/м3 |
| **1** | NaCl | ГЦК | 58,45 | 2,17 | **9** | Fe | ОЦК | 55,85 | 7,9 |
| **2** | Nb | ОЦК | 92,9 | 8,57 | **10** | Al | ГЦК | 26,98 | 2,6 |
| **3** | Cu | ГЦК | 63,54 | 8,6 | **11** | Mo | ОЦК | 95,94 | 10,2 |
| **4** | V | ОЦК | 50,9 | 6,11 | **12** | Au | ГЦК | 196,97 | 19,3 |
| **5** | Ag | ГЦК | 107 | 10,5 | **13** | W | ОЦК | 183,85 | 19,3 |
| **6** | Ta | ОЦК | 180,9 | 16,6 | **14** | Ca | ГЦК | 40,08 | 1,55 |
| **7** | Ni | ГЦК | 58,70 | 8,8 | **15** | Pt | ГЦК | 195,09 | 21,4 |
| **8** | Cr | ОЦК | 51,99 | 7,19 | **16** | Co | ГЦК | 58,93 | 8,90 |

**Задача 3.** Метал може бути у двох поліморфних модифікаціях (1-ОЦК і 2-ГЦК). Використовуючи співвідношення а2=1,03d1, (d1-відстань між найближчими атомами в ОЦК-фазі), визначити зміну густини металу при ОЦКГЦК переході для таких металів (у дужках подано параметр а1 в ангстремах (*А*=1∙10-10м):

Варіанти 1, 6, 11, 16: Mn(3.08);

Варіанти 2, 7, 12: Fe (2.86);

Варіанти 3, 8, 13: La (4.26);

Варіанти 4, 9, 14: Ce (6.70);

Варіанти 5, 10, 15: Yb (4.44).

Додаткові:

**Задача 4** Знайти густину кристала стронцію, якщо відомо, що решітка ГЦК, а відстань *d* між найближчими сусідніми атомами дорівнює 0,43нм.

**Задача 5** Визначити відносну атомну масу *Аr* кристала, якщо відомо, що відстань *d* між найближчими сусідніми атомами дорівнює 0,30 нм. Решітка ОЦК. Густина кристала дорівнює 534 кг/м3.

Практична робота №2  
Електронна теорія металів.

**І. Приклади розв’язування задач**

**Задача 1**

Скільки вільних електронів припадає на один атом натрію при температурі *Т*=0 К. Енергія Фермі *Ef* для натрію дорівнює 3,12 еВ. Густина натрію .

***Розв’язання***

Концентрація електронів ***n*** при температурі абсолютного нуля визначається розподілом Фермі:

Концентрація атомів , де *µ* = 23∙10-3кг/моль– молярна маса речовини кристала.

|  |  |
| --- | --- |
| Таким чином, маємо кінцеву формулу: |  |

Відповідь:

**Задача 2**

Обчислити питомий опір металевого провідника, який має густину 970 кг/м3 і молярну масу 0,023 кг/моль, якщо відомо що на кожен атом припадає один електрон, а середня швидкість дрейфу електронів в електричному полі напруженістю 0,1 В/м становить 5∙10-4 м/с.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Питомий опір металевого провідника: | | | |  | |
| де *n –* концентрація електронів, *e* – заряд електрона*, µn -* рухливість електронів. | | | | | |
| Рухливість зарядів: | |  | де *–* дрейфова швидкість, – напруженість електричного поля. | | |
| Концентрація електронів визначається концентрацією атомів *nа*  та кількістю електронів на | | | | | |
| один атом *n0:* |  | | | | де *µ -* молярна маса, *-* густина. |

***Розв’язання***

Тоді питомий опір:

Відповідь:

**ІІ. Задачі для самостійного розв’язування**

Обов’язкові:

**Задача 1.** Визначити концентрацію електронів в металі (порядковий номер металу в таблиці відповідає номеру варіанту).

**Задача 2.** Визначити кількість електронів, що припадає на один атом металу (порядковий номер в таблиці відповідає номеру варіанту).

**Задача 3.** Визначити дрейфову швидкість електронів в електричному полі напруженістю 0,2В/м (порядковий номер металу в таблиці відповідає номеру варіанту).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | Метал | Енергія Фермі (еВ) | ∙10-3,кг/моль | ∙103, кг/м3 | ∙10-8 Ом∙м | **№** | Метал | Енергія Фермі (еВ) | ∙10-3, кг/моль | ∙103, кг/м3 | ∙10-8 Ом∙м |
| **1** | Pb | 9,47 | 207 | 11,34 | 20,7 | **9** | Fe | 11,1 | 56 | 7,9 | 9,9 |
| **2** | Ga | 10,4 | 70 | 5,91 | 53,4 | **10** | Al | 11,7 | 27 | 2,6 | 2,7 |
| **3** | Cu | 7,00 | 64 | 8,9 | 1,68 | **11** | Mg | 7,08 | 24 | 1,74 | 4,4 |
| **4** | Cs | 1,59 | 133 | 1,87 | 4,6 | **12** | Au | 5,53 | 197 | 19,3 | 2,2 |
| **5** | Ag | 5,49 | 108 | 10,5 | 1,58 | **13** | Hg | 7,13 | 201 | 13,6 | 95,4 |
| **6** | Mn | 10,9 | 55 | 7,21 | 43 | **14** | Ca | 4,69 | 70 | 1,55 | 8,4 |
| **7** | Zn | 9,47 | 65 | 7,14 | 5,91 | **15** | Ba | 3,64 | 137 | 3,5 | 60 |
| **8** | Rb | 1,85 | 85 | 1,53 | 11,3 | **16** | Cd | 7,47 | 112 | 8,65 | 6,8 |

Додаткові:

**Задача 4** Визначити концентрацію вільних електронів у металі при температурі Т=0 К. Енергія фермі дорівнює 4 еВ.

**Задача 5** Визначити швидкість дрейфу електронів у металевому провіднику перерізом S=1см2, по якому тече струм 20А якщо в кубічному сантиметрі провідника міститься 5∙1021 вільних електронів.

Практична робота №3  
Напівпровідники

**І. Приклади розв’язування задач**

**Задача 1**

Напівпровідник у вигляді тонкої пластини шириною *l*=1см і довжиною *L*=10 см помістили в однорідне магнітне поле з індукцією *B*=0,2Тл. Вектор магнітної індукції перпендикулярний до площини пластини. До кінців пластини (у напрямку *L*) прикладена стала напруга *U*=300B. Визначити холлівську різницю потенціалів  на гранях пластини, якщо стала Холла , питомий опір *ρ* =0,5 Ом∙м.

***Розв’язання***

Під дією сили Лоренца  електрони будуть рухатися до однієї з бічних граней пластини, у результаті чого виникне холлівська різниця потенціалів:

Процес перерозподілу електронів буде продовжуватися до того часу, поки сила Лоренца  не зрівноважиться кулонівською силою *F* :

Дрейфову швидкість електронів можна знайти із виразу для густини струму:

Таким чином

де *n* – концентрація електронів, *I* – сила струму; *S* – площа поперечного перерізу.

Звідси

де *R*– опір пластинки

тоді

Відповідь: 

**ІІ. Задачі для самостійного розв’язування**

Обов’язкові:

**Задача 1.** Визначити концентрацію носіїв заряду та сталу Холла напівпровідника, питомий опір якого , а рухливості електронів та дірок  та відповідно (порядковий номер в таблиці відповідає номеру варіанту).

**Задача 2.** Визначити густину струму, при якій в напівпровідниковій пластинці шириною *l*, що розміщена перпендикулярно однорідному магнітному полю індукцією *В*, холлівська різниця потенціалів досягне значення 0,5В. (порядковий номер в таблиці відповідає номеру варіанту).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | *ρ*  Ом∙м | *µп*  м2/(В∙с) | *µр*  м2/(В∙с) | *l* мм | *В* Тл | **№** | *ρ*  Ом∙м | *µп*  м2/(В∙с) | *µр*  м2/(В∙с) | *l* мм | *В* Тл |
| **1** | 0,48 | 0,36 | 0,16 | 40 | 0,1 | **9** | 2200 | 0,12 | 0,06 | 10 | 0,1 |
| **2** | 0,009 | 0,12 | 0,05 | 20 | 0,2 | **10** | 0,008 | 0,38 | 0,11 | 15 | 0,2 |
| **3** | 0,016 | 0,38 | 0,18 | 30 | 0,3 | **11** | 0,038 | 0,13 | 0,07 | 20 | 0,3 |
| **4** | 6200 | 0,15 | 0,05 | 10 | 0,4 | **12** | 0,25 | 0,36 | 0,14 | 25 | 0,4 |
| **5** | 0,5 | 0,34 | 0,12 | 15 | 0,5 | **13** | 6000 | 0,11 | 0,04 | 30 | 0,5 |
| **6** | 0,048 | 0,14 | 0,06 | 25 | 0,6 | **14** | 0,015 | 0,35 | 0,15 | 35 | 0,6 |
| **7** | 0,007 | 0,38 | 0,12 | 35 | 0,7 | **15** | 0,007 | 0,15 | 0,04 | 40 | 0,7 |
| **8** | 2300 | 0,13 | 0,06 | 45 | 0,8 | **16** | 0,62 | 0,37 | 0,13 | 45 | 0,8 |

Додаткові:

**Задача 3.** Питома провідність кремнію з домішками дорівнює 112 См/м. Визначити рухливість *µр* дірок і їх концентрацію *np*, якщо стала Холла Rх=3,66∙10-4 м3/Кл. Припустити, що напівпровідник має тільки діркову провідність.

**Задача 4**. Концентрація *n* носіїв струму в кремнії дорівнює 5·1010 см–3, рухливості електронів *µп* = 0,15 м3/(В·с) і дірок *µр* = 0,05 м2/(В·с). Визначити опір кремнієвого стрижня довжиною l = 2 см і перетином S = 1 мм2.

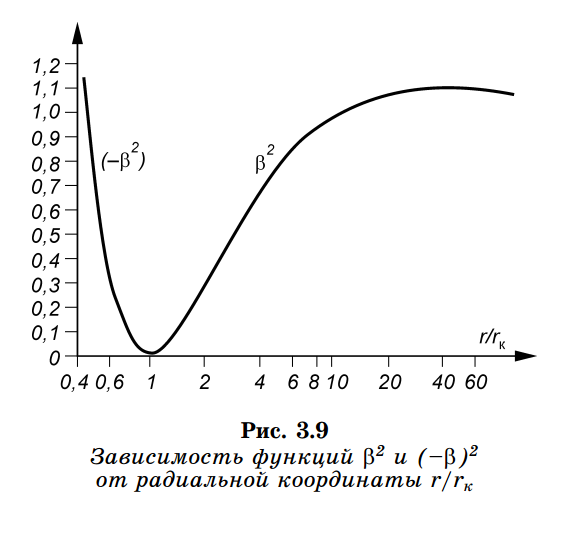
Практична робота №4  
Електровакуумні прилади

**І. Приклади розв’язування задач**

**Задача 1**

Визначити анодний струм діода циліндричної конструкції, якщо діаметр анода *da* =2см, діаметр катода *dk* = 4мм, ефективна довжина анода *la* = 3,5см, анодна напруга *Ua* = 500В.

***Розв’язання***

В режимі обмеження анодного струму просторовим зарядом анодний струм можна визначити за законом «степені 3/2»:

де:  *- первеанс –* стала, що визначається параметрами діода.

Па- площа діючої поверхні анода; оскільки анод циліндричний Па=2π*rаla :*

Значення *β2*– стала даного діода, що залежить від його геометричних розмірів; визначається з графіка β2=*f(rа /rк)* :

За даними задачі *rа /rк=1/0,2=5,* за графіком β2=*f(5)=0,77.* А отже:

мА

Відповідь: 743мА

**Задача 2**

Розрахувати значення анодного струму тріода плоскої конструкції при сітковій напрузі *Uс* =-2В. Площа діючої поверхні анода *Па*=4см2, відстань між сіткою та катодом *rс-к* =0,2см, відстань між анодом та катодом *rа-к* =0,4см, проникність D=0,02, анодна напруга *Ua* = 400В.

***Розв’язання***

Анодний струм тріода можна визначити за законом «степені 3/2» у вигляді:

*–* первеанстріода, для плоскої конструкції тріода визначається за формулою:

, де коефіцієнт .  
Отже:

,

мА

Відповідь: 1,6мА

**ІІ. Задачі для самостійного розв’язування**

Обов’язкові:

**Задача 1.** Розрахувати значення анодного струму , крутизни *S* і внутрішнього опору *Rі*діода за заданими параметрами (порядковий номер в таблиці відповідає номеру варіанту).

**Задача 2.** Розрахувати і побудувати анодну характеристику () тріода плоскої конструкції, що відповідає напрузі сітки *Uс* = -2В. ( для побудови використайте значення анодної напруги 100В, 150В, 200В, 250В). Площа діючої поверхні анода *Па*=4см2, проникність D=0,05. За графіком визначити внутрішній диференціальний опір *Ri* (в точці, що відповідає напрузі =200В). (порядковий номер в таблиці відповідає номеру варіанту).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | *da*  см | *dk*  мм | *la*  см | *Ua*  В | *raк*  см | *rск*  см | **№** | *da*  см | *dk*  мм | *la*  см | *Ua*  В | *raк*  см | *rск*  см |
| **1** | 1 | 1 | 4 | 50 | 2 | 1 | **9** | 8 | 20 | 2 | 450 | 2 | 0,8 |
| **2** | 2 | 4 | 5 | 100 | 3 | 2 | **10** | 7 | 14 | 2,5 | 500 | 2,2 | 1,1 |
| **3** | 3 | 15 | 6 | 150 | 3 | 1,2 | **11** | 6 | 7,5 | 3 | 100 | 2 | 1,33 |
| **4** | 4 | 2 | 3 | 200 | 4 | 2 | **12** | 5 | 5 | 3,5 | 200 | 3 | 1,5 |
| **5** | 5 | 16,6 | 4,5 | 250 | 4 | 1,6 | **13** | 4 | 8 | 4 | 300 | 3,4 | 1,7 |
| **6** | 6 | 10 | 5,5 | 300 | 5 | 2,5 | **14** | 3 | 6 | 4,5 | 400 | 3,3 | 2,2 |
| **7** | 7 | 46,6 | 6,5 | 350 | 5 | 2 | **15** | 2 | 6,67 | 5 | 150 | 4,2 | 2,1 |
| **8** | 8 | 20 | 3,5 | 400 | 4,8 | 2,4 | **16** | 1 | 20 | 5,5 | 250 | 4,6 | 2,3 |

Додаткові:

**Задача 3.** Тріод має внутрішній диференціальний опір 3кОм і крутизну 3мА/В. Визначити коефіцієнт підсилення цього тріода.

**Задача 4**. Визначити крутизну характеристик електронної лампи та її внутрішній диференціальний опір на ділянці зміни анодної напруги від 55В до 80В, що викликає зміну анодного струму від 40 до 70мА, якщо коефіцієнт підсилення 1.

Практична робота №5

Напівпровідникові та фотоелектронні прилади

**І. Приклади розв’язування задач**

**Задача 1**

Визначити диференціальний опір діода в прямому та зворотному напрямках, якщо при зміні прямої напруги від 0,75В до 0,85В прямий струм змінився з 25мА до 85мА, а при зміні зворотної напруги з 5В до 10В зворотний струм змінився з 20мкА до 40мкА.

***Розв’язання***

Відповідь: , .

**Задача 2**

На фотоелемент з інтегральною чутливістю S=100мкА/лм падає світловий потік Ф=0,15лм. Послідовно з фотоелементом ввімкнений резистор R=400кОм, з якого знімається сигнал, що управляє реле, струм спрацювання якого Iр=10мА при напрузі Uр=220В. Визначити необхідні коефіцієнти підсилення по потужності та напрузі, якщо вхідною напругою підсилювача є опір R.

***Розв’язання***

Струм фотоелемента: .

Вхідна напруга:

Вхідна потужність підсилювача:

Потужність спрацьовування реле:

Коефіцієнт підсилення по потужності:

Коефіцієнт підсилення по напрузі:

Відповідь: , .

**ІІ. Задачі для самостійного розв’язування**

Обов’язкові:

**Задача 1.** По вольт-амперній характеристиці германієвого діода визначити:

 **а)** значення прямого струму *I*пр при   
 прямій напрузі *U*пр;

**б)** значення зворотного струму *Iзв*   
 при зворотній напрузі *U*зв;

**в)** зміну прямого струму *∆I*пр при   
 зміні прямої напруги від до(дезначення напруги   
 наступного за вашим варіантом) ;

**г)** зміну зворотного струму *∆I*зв при   
 зміні зворотної напруги від   
 до (дезначення напруги   
 наступного за вашим варіантом) ;

**д)** диференційний опір в прямому і   
 зворотному напрямках , .

**Задача 2.** Використовуючи ВАХ фотоелементів побудувати світлові характеристики *I=f(*Ф*)* при напрузі Uа .  
 **рис. 1 рис. 2 рис. 3**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | В | В | В | **№** | В | В | В | **№** | В | В | В |
| **1** | 0,08 | 3 | 50, рис.1 | **6** | 0,48 | 15 | 100, рис.3 | **11** | 0,16 | 28 | 200, рис.2 |
| **2** | 0,16 | 5 | 50, рис.2 | **7** | 0,56 | 18 | 150, рис.1 | **12** | 0,4 | 30 | 250, рис.1 |
| **3** | 0,24 | 8 | 50, рис.3 | **8** | 0,64 | 20 | 150, рис.2 | **13** | 0,56 | 32 | 75, рис.1 |
| **4** | 0,32 | 10 | 100, рис.1 | **9** | 0,72 | 23 | 150, рис.3 | **14** | 0,24 | 34 | 175, рис.2 |
| **5** | 0,4 | 13 | 100, рис.2 | **10** | 0,08 | 25 | 200, рис.1 | **15** | 0,48 | 10 | 25, рис.1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | **16** | 0,32 | 20 | 225, рис.2 |

Додаткові:

**Задача 3.** Визначити фотострум діода, якщо на нього падає світловий потік

Ф = 0,02 лм, а інтегральна чутливість S=15000мкА/лм.

**Задача 4**. Розрахувати максимальну швидкість електронів, що вибиваються з поверхні сурм’яно-цезієвого фотокатода під дією монохроматичного пучка світла з довжиною хвилі 0,4 мкм. Робота виходу сурм’яно-цезієвого катода дорівнює 1,5 еВ.